

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局

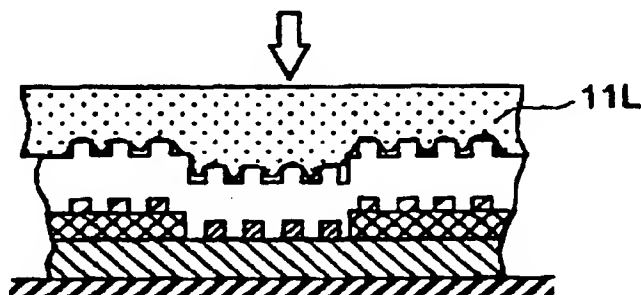
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



|  |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
| <p>(51) 国際特許分類6<br/>H01L 21/304, B24D 3/00, 7/00</p>   | <p>A1</p>   | <p>(11) 国際公開番号<br/>WO97/10613</p> <p>(43) 国際公開日<br/>1997年3月20日(20.03.97)</p> |   |   |
| <table border="1"><tr><td data-bbox="136 457 828 1125"><p>(21) 国際出願番号<br/>PCT/JP95/01814</p><p>(22) 国際出願日<br/>1995年9月13日(13.09.95)</p><p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br/>株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP)<br/>〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)</p><p>(72) 発明者: および</p><p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)<br/>森山茂夫(MORIYAMA, Sigeo)(JP/JP)<br/>〒206 東京都多摩市聖ヶ丘4-17-7 Tokyo, (JP)<br/>山口克彦(YAMAGUCHI, Katsuhiko)(JP/JP)<br/>〒192 東京都八王子市暁町1-48-18 日立大和田寮 Tokyo, (JP)<br/>本間喜夫(HONMA, Yoshio)(JP/JP)<br/>〒190-01 東京都西多摩郡日の出町平井2196-58 Tokyo, (JP)<br/>松原 直(MATSUBARA, Sunao)(JP/JP)<br/>〒359 埼玉県所沢市東所沢1-21-3 Saitama, (JP)<br/>石田吉弘(ISHIDA, Yoshihiro)(JP/JP)<br/>〒311-12 茨城県ひたちなか市柳が丘35-10 Ibaraki, (JP)<br/>河合亮成(KAWAAI, Ryousei)(JP/JP)<br/>〒187 東京都小平市喜平町1-2-5<br/>アイビーハイツ105 Tokyo, (JP)</p></td><td data-bbox="828 457 1515 1125"><p>(74) 代理人<br/>弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo)<br/>〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号<br/>株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)</p><p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p><p>添付公開書類<br/>国際調査報告書</p></td></tr></table> |   |  | <p>(21) 国際出願番号<br/>PCT/JP95/01814</p> <p>(22) 国際出願日<br/>1995年9月13日(13.09.95)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br/>株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP)<br/>〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者: および</p> <p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)<br/>森山茂夫(MORIYAMA, Sigeo)(JP/JP)<br/>〒206 東京都多摩市聖ヶ丘4-17-7 Tokyo, (JP)<br/>山口克彦(YAMAGUCHI, Katsuhiko)(JP/JP)<br/>〒192 東京都八王子市暁町1-48-18 日立大和田寮 Tokyo, (JP)<br/>本間喜夫(HONMA, Yoshio)(JP/JP)<br/>〒190-01 東京都西多摩郡日の出町平井2196-58 Tokyo, (JP)<br/>松原 直(MATSUBARA, Sunao)(JP/JP)<br/>〒359 埼玉県所沢市東所沢1-21-3 Saitama, (JP)<br/>石田吉弘(ISHIDA, Yoshihiro)(JP/JP)<br/>〒311-12 茨城県ひたちなか市柳が丘35-10 Ibaraki, (JP)<br/>河合亮成(KAWAAI, Ryousei)(JP/JP)<br/>〒187 東京都小平市喜平町1-2-5<br/>アイビーハイツ105 Tokyo, (JP)</p> | <p>(74) 代理人<br/>弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo)<br/>〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号<br/>株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類<br/>国際調査報告書</p> |
| <p>(21) 国際出願番号<br/>PCT/JP95/01814</p> <p>(22) 国際出願日<br/>1995年9月13日(13.09.95)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br/>株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP)<br/>〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者: および</p> <p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)<br/>森山茂夫(MORIYAMA, Sigeo)(JP/JP)<br/>〒206 東京都多摩市聖ヶ丘4-17-7 Tokyo, (JP)<br/>山口克彦(YAMAGUCHI, Katsuhiko)(JP/JP)<br/>〒192 東京都八王子市暁町1-48-18 日立大和田寮 Tokyo, (JP)<br/>本間喜夫(HONMA, Yoshio)(JP/JP)<br/>〒190-01 東京都西多摩郡日の出町平井2196-58 Tokyo, (JP)<br/>松原 直(MATSUBARA, Sunao)(JP/JP)<br/>〒359 埼玉県所沢市東所沢1-21-3 Saitama, (JP)<br/>石田吉弘(ISHIDA, Yoshihiro)(JP/JP)<br/>〒311-12 茨城県ひたちなか市柳が丘35-10 Ibaraki, (JP)<br/>河合亮成(KAWAAI, Ryousei)(JP/JP)<br/>〒187 東京都小平市喜平町1-2-5<br/>アイビーハイツ105 Tokyo, (JP)</p>  | <p>(74) 代理人<br/>弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo)<br/>〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号<br/>株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類<br/>国際調査報告書</p> |  |   |   |

(54)Title: GRINDING METHOD OF GRINDING DEVICE

(54)発明の名称 研磨方法及び研磨装置



(57) Abstract

A grinding method which uses grindstone comprising abrasive grains and a binding resin for binding the abrasive grains, and a grinding device for use in the same. Grindstone having a desired elastic modulus can be manufactured by means of a resin for binding abrasive grains. Accordingly, surfaces of a substrate having irregularity can be evenly flattened irrespective of dimensions of irregularity. Further, an abraded surface with less damage can be obtained by performing abrasion with an abrasive tool of a large elastic modulus after abrasion is performed with an abrasive tool of a small elastic modulus. The present method is effective in flattening the surfaces of various substrates having irregularity.

(57) 要約

砥粒とそれらを結合する結合樹脂からなる砥石を用いた研磨方法およびそれに用いる研磨装置に関する。砥粒の結合に樹脂を用いることにより、所望の弾性率を有する砥石を製造できる。これにより、凹凸を有する基板の表面を、凹凸の寸法に関わりなく、均一に平坦化することができる。また、弾性率の小さな研磨工具で研磨後、弾性率の大きな研磨工具で研磨することにより、ダメージの小さな研磨面を得ることができる。本方法は、凹凸を有する各種基板表面の平坦化に有効である。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を固定するために使用されるコード

|    |             |     |                       |    |          |    |                 |
|----|-------------|-----|-----------------------|----|----------|----|-----------------|
| AL | アルバニア       | EE  | エストニア                 | LR | リベリア     | RU | ロシア連邦           |
| AM | アルメニア       | EF  | フィンランド                | LS | レソト      | SE | スウェーデン          |
| AU | オーストラリア     | FR  | フランス                  | LT | リトアニア    | SG | シンガポール          |
| AZ | アゼルバイジャン    | GAB | ガボン                   | LV | ラトヴィア    | SI | スロベニア           |
| BB | バハマ         | GB  | グレートブリテン及び北アイルランド連合王国 | MC | モナコ      | SK | スロバキア           |
| BE | ベルギー        | GE  | ジョージア                 | MD | モルドバ     | KN | セントクリストファー・ネイビス |
| BG | ブルガリア       | GH  | ガーナ                   | MG | マダガスカル   | NZ | ニュージーランド        |
| BH | バーレーン       | GR  | ギリシャ                  | MK | マケドニア    | SD | スーダン            |
| BJ | ベナン         | HU  | ハンガリー                 | UA | ウクライナ    | TD | チャド             |
| BY | ベラルーシ       | IE  | アイルランド                | WL | モザンビーク   | TM | トルクメニスタン        |
| CA | カナダ         | IT  | イタリア                  | MN | モンゴル     | TR | トルコ             |
| CC | ココス（キリング）諸島 | JP  | 日本                    | MR | マリ       | TT | トリニダード・トバゴ      |
| CF | 中央アフリカ共和国   | KE  | ケニア                   | MW | マラウイ     | UA | ウクライナ           |
| CH | スイス         | KG  | キルギス                  | NE | ニジェール    | UG | ウガンダ            |
| CI | コートジボワール    | KR  | 大韓民国                  | NL | オランダ     | US | 米国              |
| CM | カメルーン       | KP  | 朝鮮民主主義人民共和国           | NO | ノルウェー    | UZ | ウズベキスタン共和国      |
| CN | 中国          | KK  | 朝鮮民主主義人民共和国           | NZ | ニュージーランド | VN | ベトナム            |
| CO | コロンビア       | KZ  | カザフスタン                | PL | ポーランド    | YU | ユーゴスラビア         |
| CU | キューバ        | LI  | リヒテンシュタイン             | PT | ポルトガル    |    |                 |
| DE | ドイツ         | LK  | スリランカ                 | RO | ルーマニア    |    |                 |

## 明細書

## 研磨方法及び研磨装置

## 技術分野

本発明は、研磨による基板表面パターンの平坦化技術に係り、特に半導体集積回路の製造過程で用いるための研磨方法及びそれに用いる研磨装置に関する。

## 背景技術

半導体製造工程は多くのプロセス処理工程からなるが、まず本発明が適用される工程の一例である配線工程について第1図(a)～第1図(f)を用いて説明する。

第1図(a)は一層目の配線が形成されているウェハの断面図を示している。トランジスタ部が形成されているウェハ基板1の表面には絶縁膜2が形成されており、その上にアルミニウム等の配線層3が設けられている。トランジスタとの接合をとるために絶縁膜2にコンタクトホールが設けられているので、配線層のその部分3'は多少へこんでいる。第1図(b)に示す2層目の配線工程では、一層目の上に絶縁膜4、金属アルミ層5を形成し、さらに、このアルミ層を配線パターン化するため露光用ホトレジスト膜6を塗布する。次に、第1図(c)に示すようにステップ7を用いて2層目の配線回路パターンを上記ホトレジスト膜6上に露光転写する。この場合、ホトレジスト膜6の表面が凹凸になっていると、図に示すようにホトレジスト膜表面の凹部と凸部8では同時に焦点が合わないことになり、解像不良という重大な障害となる。

上記の不具合を解消するため、次に述べるような基板表面の平坦化処理が検討されている。第1図(a)の処理工程の次に、第1図(d)に示すように、絶縁層4を形成後、図中9のレベルまで平坦となるように後述する方法によって研磨加工し、第1図(e)の状態を得る。その後金属アルミ層5とホトレジスト層6を形成し、第1図(f)のようにステッパ7で露光する。この状態ではレジスト表面が平坦であるので前記解像不良の問題は生じない。

第2図に、上記絶縁膜パターンを平坦化するため従来一般的に用いられている化学機械研磨加工法を示す。研磨パッド11を定盤上12に貼りつけて回転しておく。この研磨パッドとしては、例えば発泡ウレタン樹脂を薄いシート状にスライスして成形したものが用いられ、被加工物の種類や仕上げたい表面粗さの程度によってその材質や微細な表面構造を種々選択して使いわけられる。他方、加工すべきウェハ1は弾性のある押さえパッド13を介してウェハホルダ14に固定する。このウェハホルダ14を回転しながら研磨パッド11表面に荷重し、さらに研磨パッド11の上に研磨スラリー15を供給することによりウェハ表面上の絶縁膜4の凸部が研磨除去され、平坦化される。

二酸化珪素等の絶縁膜を研磨する場合、一般的に研磨スラリーとしてはコロイダルシリカが用いられる。コロイダルシリカは直径30nm程度の微細なシリカ粒子を水酸化カリウム等のアルカリ水溶液に懸濁させたものであり、アルカリによる化学作用が加わるため、砥粒のみによる機械的研磨に比べ飛躍的に高い加工能率と加工ダメージの少ない平滑面を得られる特徴がある。このように、研磨パッドと被加工物の間に研磨スラリーを供給しながら加工する方法は遊離砥粒研磨技術として良く知られている。

さて従来の遊離砥粒研磨加工によるウェハ平坦化技術には、大きく

2つの解決困難な課題がある。その一つは、パターンの種類や段差の状態によっては十分に平坦化できない、というパターン寸法依存性の問題であり、もうひとつは、研磨工程で必要とされる過大な消耗品コストの問題である。以下、これらの問題について詳しく説明する。

一般的に、半導体ウェハ上のパターンは種々の寸法や段差を持つパターンから形成されている。例えば半導体メモリ素子を例にした場合、第3図(a)に示すように、1つのチップは大きく4つのブロックに分割されている。この内、4つのブロック内部は微細なメモリセルが規則正しく密に形成されており、メモリマット部16と呼ばれる。この4つのメモリマット部の境界部には上記メモリセルをアクセスするための周辺回路17が形成されている。典型的なダイナミックメモリの場合、1つのチップ寸法は7mm×20mm程度、周辺回路部17の幅は1mm程度である。上記チップの断面A-A'をとると、第3図(b)に示すようにメモリマット部16Hの平均高さは周辺回路部17Lの平均高さより0.5~1μm程度高い。このような段差パターン上に厚さ1~2μm程度の絶縁膜4を成膜すると、その表面部の断面形状31もほぼ下地パターンの段差形状を反映したものとなる。

本発明の目的とする平坦化工程では、上記ウェハ表面の絶縁膜4を一点鎖線32のように平坦化したいのであるが、一般的にこの用途に多く用いられている発泡ポリウレタン樹脂製の軟質な研磨パッドを用いた場合には、研磨速度にパターン依存性が存在するためにこのようには平坦化されない。すなわち、第4図に示すように、軟質な研磨パッド11Lを用いた場合、研磨パッド表面形状は研磨荷重のために図中の実線30のように変形する。寸法がミクロンオーダの微細パターンには荷重が集中するため短時間で平坦化研磨されるものの、mmオーダの大きな寸法のパターンには分布荷重となって加わるため、研磨

速度は遅くなる。その結果、研磨後の断面形状は、図中の破線 3 4 のようになり、依然として高低差：d が残留したものになってしまうのである。

平坦性を向上させるためには研磨パッドをより硬質にすれば良いが、この場合には後述する加工ダメージの問題と共に、ウェハ面内の加工むらの増大という新たな問題を生じる。この硬質パッド使用時に生じる加工むら増大の原因については、まだ学術的に説明されていないが、研磨パッド表面上に供給された砥粒が研磨パッド表面の微細構造部に捕捉されて被加工基板との間に入ってゆく確率変動するなどの影響によるものと考えられている。半導体の配線工程の用途には±5%以下のむらであることが求められ、現状、研磨パッドの硬さの限界はヤング率： $10\text{ kg/mm}^2$ 程度が上限となっている。そのため、メモリ素子のようにミリメートルオーダーからミクロンオーダーまでの大きささまざまなパターンが混在している半導体素子では、十分な平坦化効果が期待できず、適用可能な対象としては、あまり寸法の大きなパターンを含まない半導体製品、例えば論理LSIなどに限られている。

硬質研磨パッドと軟質研磨パッドの中間的な特性をもつものとして、軟質パッドの一部に硬質な研磨ベレットを埋め込んだ研磨パッド技術が特開平6-208980に開示されているが、得られる研磨特性は中間の硬度をもつ研磨パッドとほぼ同等のものとなる。

上記従来の遊離砥粒研磨法による半導体ウェハの平坦化技術における第2の課題は、高価なランニングコストの低減にある。これは遊離砥粒研磨法における研磨スラリの利用効率の低さに起因している。すなわち、研磨傷を発生しない超平滑研磨のためにはコロイダルシリカなどの研磨スラリを数100cc/分以上の割合で供給する必要があるが、その大半は実際の加工に寄与することなく排除されてしまう。

半導体用の高純度スラリの価格は極めて高価であり、平坦化研磨プロセスコストの大半はこの研磨スラリーにより決っており、その改善が強く要求されている。

上記以外の従来技術として、砥粒を金属粉末やレジン樹脂で結合して製作した高速回転用砥石を、研削定盤とする固定砥粒加工法が1st International ABTEC Conference (Seoul, 11月1993年)の講演論文集P80-P85に記載されているが、加工面に微細なスクラッチがしばしば発生する欠点が知られている。さらに、このスクラッチの問題を解決するため、電気泳動法で製作した極めて小さな粒径を持つ微細砥粒砥石による平坦化技術が特開平6-302568に公開されているが、砥石自体が硬質となるので、研磨液や加工雰囲気等に含まれる塵埃等によるスクラッチの問題は依然として残る。

これまで説明したように、従来の遊離砥粒研磨による半導体ウェハの平坦化技術では、最小寸法がミクロンオーダーの微細パターンとmmオーダーの大寸法のパターンを同時に平坦に加工しうる条件が存在しないため、メモリLSIのように、大小さまざまなパターンが混在する半導体集積回路の製造には適用が困難であった。また、研磨処理に必要なランニングコストが高いことが量産適用上の大きな欠点となっていた。

本発明の目的は、上記従来技術の欠点を解消し、加工ダメージを発生することなく、寸法の大きなパターン部と微細なパターン部を同一平面に平坦化するための加工法、およびそのための装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、ランニングコストの低い加工方法とそのため加工装置を提供することにある。

### 発明の開示

上記目的は、従来の研磨パッドと研磨スラリを用いた遊離砥粒研磨加工に代え、弾性率（硬さ）をコントロールした研磨工具（砥石等）を用いる固定砥粒加工法とすることにより、達成できる。

さらに、硬質な研磨工具を用いた場合に生じやすい極微細なパターンの加工ダメージの問題の解消のためには、従来のように一回の加工だけで全てのパターンを平坦化するのではなく、加工ダメージを受けやすい微細なパターンのみを先に軟質な研磨工具を用いて平坦化加工し、その後に硬質な砥石や研磨パッドなどの研磨工具を用いて大きな加工力で高能率に大寸法パターンを平坦化加工することにより達成できる。

被加工物の物性に合わせて最適に選択された砥石の種類と加工条件による固定砥粒加工法であるので、硬質としても加工むらの発生を伴うことなくパターン依存性が少なく、かつ基板面内の加工速度むらの少ない平坦化加工を行なうことができる。また高価な研磨スラリを必要としないので、極めて低いランニングコストで加工することができる。また、加工後の洗浄も容易になる。

さらに、加工ダメージを受けやすい極微細パターンならびに欠落しやすい大寸法パターンのコーナ部を先に剛性の小さな軟質研磨パッドで研磨、除去、および丸めておき、その後に形状創成機能の高い硬質研磨パッドで平坦化加工するれば、パターン幅依存性のより少ない加工ダメージのない良質な加工面を得ることができる。

なおこれまでは半導体ウェハを適用対象とした実施例について説明したが、この他、薄膜映像デバイスや、その他のガラスやセラミックス等の基板の平坦化加工にも適用できる。



### 図面の簡単な説明

第1図(a)～第1図(f)はウェハ表面の平坦化工程の説明図、第2図は化学機械研磨法を説明する図、第3図(a)は半導体メモリ素子の平面図、第3図(b)は断面図、第4図は軟質な研磨パッドを用いて加工した場合の問題点を説明する図、第5図は本発明で用いる砥石の構成を説明する図、第6図は硬質な研磨パッドを用いて加工した場合の問題点を説明する図、第7図(a)は従来の研磨の状況を説明するための図、第7図(b)は本発明の研磨状況を説明するための図、第8図(a)～第8図(e)は本発明の実施例を説明する図、第9図は本発明の実施に適した加工装置の構造例を示す図、第10図(a)～第10図(e)は半導体装置の製造工程を示す装置断面図、第11図は第10図(e)に示した装置の平面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### (実施例)

以下、本発明の実施例について詳細に説明する。本発明では、第2図に示した研磨装置において、従来の研磨パッドの代わりに、硬度が最適に制御された特殊な砥石を用いることを特徴とする。先の従来技術にて説明したように、微細砥粒砥石を用いて半導体ウェハの表面平坦化を試みる技術はいくつかあるが、いずれも加工面に微細なスクラッチがしばしば発生する欠点を有しており、実用化できる段階にはいたっていない。

上記スクラッチの発生原因は、これまで主として砥粒が大き過ぎるためと考えられてきたが、発明者らの研究により、砥粒の大小よりも、むしろ砥石の弾性率が過大であることに起因していることが判明した。

しかるに本発明の特徴は、上記従来の緻密かつ硬質な砥石に代えて、

第5図に示すように、砥粒21が軟らかな樹脂22で粗に結合された極めて軟らかな砥石を用いることに特徴がある。具体的には、砥石の弾性率は $5 - 500 \text{ kg/mm}^2$ と、従来一般的な砥石に比べ $1/10$ から $1/100$ の硬さであり、逆に、従来、本発明の用途に用いられている硬質発泡ポリウレタン製などの硬質研磨パッドのかたさに比べれば、5倍から50倍のかたさである。

このような軟らかい砥石の製法の一例を以下に説明する。砥粒21の種類としては、二酸化珪素、酸化セリウム、酸化アルミナなどが好ましく、粒径は $0.01 - 1$ ミクロン程度のものがスクラッチを発生することなく良好な加工能率を得ることができる。これら砥粒を結合するための樹脂22としては、フェノール系などの高純度有機系樹脂が本発明の用途には好ましい。上記砥粒を結合樹脂に混練後、適切な圧力を加えて固形化し、必要に応じて加熱硬化などの処理を加える。上記製法において結合樹脂の種類、および加圧圧力によってできあがる砥石の硬度を制御でき、本発明ではこれが $5 - 500 \text{ kg/mm}^2$ となるようにする。

次に、このようにして製作された砥石を用いての加工例を挙げる。粒径 $1 \mu\text{m}$ の酸化セリウムを弾性率： $100 \text{ kg/mm}^2$ となるようにフェノール系樹脂で結合して製作された砥石を用い、厚さ $1$ ミクロンの二酸化珪素膜を加工した場合、パターン幅が $10 \text{ mm}$ から $0.5$ ミクロンのすべての種類のパターンに対して、加工速度： $0.3 \pm 0.01 \mu\text{m/分}$ 以下、という極めて良好なパターン幅依存性と、表面あらさ： $2 \text{ nm Ra}$ の良好な加工面を得ることができた。また、研磨パッドを硬質にした場合に問題となる、ウェハ面内の加工むらも見られなかった。これは従来の遊離砥粒による加工と異なり、本発明は固定砥粒で加工されるためと考えられる。

上記加工例では研磨液として純水を供給するだけであったが、当然のことながら、被加工物の種類によっては、従来の研磨技術で用いられているように、アルカリ性や酸性の液を供給しても良いことはあきらかである。なお、被加工物が二酸化シリコンやシリコン野場合にはアルカリ性の液が、アルミニウムやタングステン等の金属の場合には酸性の液がよい。

また、より高度な表面あらさが必要とされる場合には、上記砥石を用いた研磨加工後に、軟質な研磨パッドを用いて仕上げれば良いことは明白である。

砥石の弾性率が上記の範囲をはずれると、良好には加工できない。すなわち、砥石の弾性率が  $5 \text{ kg/mm}^2$  より小さい場合には、パターン幅の小さいものだけが速く研磨されるという、パターン幅依存性が顕著になり、メモリ素子は平坦化できない。逆に砥石の弾性率が  $500 \text{ kg/mm}^2$  より大きい場合には、いくら小さい砥粒径の砥石を用いても、スクラッチ発生の問題は依然として残される。すなわち、本発明で提案するところの、砥石の弾性率が  $5 - 200 \text{ kg/mm}^2$  の場合に、半導体用途に適した加工を行なうことができた。より好ましくは  $50 - 150 \text{ kg/mm}^2$  である。

上記の砥石の条件下であっても、加工能率を高めようと過度な研磨荷重を与えると、研磨パターンの形状等によっては前記スクラッチとは異なる加工ダメージの問題が発生する。以下、この問題について説明する。

第6図に示すように、硬質な砥石や研磨パッド 11H を用いて研磨する場合、これら研磨工具の表面は段差パターンの凸部でのみ接触しながら加工することになる。この時に過度な研磨荷重を加えると、パターンの端部 35 は加工摩擦力によるモーメントを受けて点線 36 の

ように剥離、倒壊したり、パターン基部に微細なクラック 37 が発生したりする。このクラック 37 の到達深さは加工条件によって異なるが、しばしば所望の平坦化レベルより深く達し、半導体素子としての信頼性を損なう原因となる。このような微細パターンの損傷問題のため、従来、硬質研磨工具を用いての平坦化作業にあたっては小さな荷重でゆっくり行なわなければならない、極めて長い加工時間を要していた。

上記課題は、以下に説明する方法によって解決される。第 7 図を用いて前記パターン損傷の原因、およびそれを防止するための本発明の基本概念を説明する。第 7 図中の上段の 2 つの図はウェハ基板上の凸部パターンが硬質な研磨パッド 11 H に押しつけられている様子を、また下段の 2 つの図はそれぞれ、その場合にパターンに加わる応力分布を示している。研磨開始直後にはまだパターンの端部が角ばっているので、幅の広いパターン 101 の端部には集中応力 102 が加わり、その最大値は平均応力の 10 倍以上に達する。また幅の狭いパターン 103 にも前記最大値に近い応力 104 が加わる。この状態で研磨パッドとウェハ基板の間に相対運動が与えられると、パターン各部には上記応力に比例した摩擦力が加えられることになり、パターン材料の機械強度よりこれら摩擦力の方が大きい場合には、パターン端部が剥離したり微細パターンが倒壊することになる。これがパターン損傷の発生原因である。

上記加工初期の応力集中に起因したパターン損傷の課題を解決するためには、あらかじめ応力集中の要因となるパターン角部、および微細なパターンを取り除いておけば良い。すなわち、第 7 図 (b) に示すように、幅の広いパターンの角部 105 は丸めておき、また微細パターン 106 も高さを低減すると共に角を丸めておけば良い。このよ

うなパターンに対する応力分布は同図下部のように集中することはないので、従来以上に硬質な研磨工具を用いても大きな研磨荷重を加えることができるようになる。その結果、パターン幅依存性が少ない加工を短時間で実現できるようになる。

上記基本概念を実現するためには、2つの研磨工程を経れば良い。以下、第8図(a)～第8図(e)を用て具体的な実施例について説明する。まず、第一の工程(第8図(a),(b))として、軟質な研磨パッド11L(例えばロデールニッタ社製のSUPREMER Nのようにパッド表面に微細な空洞部を設けたもの)と研磨スラリ(図示せず)を用い、被加工ウェハ表面31を1分間程度研磨加工する。研磨スラリとしても、コロイダルシリカや酸化セリウム、酸化アルミナなど、極く一般的なものをを用いることができる。軟質パッド11Lで研磨された結果、加工前に存在していたサブミクロンオーダの微細パターン部は、第8図(c)に示すように研磨されて消滅し、また大寸法パターンのコーナ部も丸められる。

次に第二の工程として、平坦化機能に優れる硬質な研磨工具11H、例えば第5図に示した構成からなる砥石を使用して3分間ほど研磨する。事前に損傷を受けやすい微細パターンは上記工程で撤去されているので、第一工程で用いた研磨工具より硬質な研磨工具を用いて研磨しても、微細パターン基部のクラックは発生せず、第8図(c)に示すようにダメージの無い平坦化加工を行なうことができる。

第2の研磨工程で用いる研磨工具は、高速かつ平坦に研磨できるものであれば何でも良く、研磨砥石以外に、通常の硬質発泡ポリウレタン樹脂系の研磨パッドとコロイダルシリカ等の極く一般的な組合せのポリッシング加工でも良い。

但し、弾性率が $5 \sim 500 \text{ kg/mm}^2$ の砥石を用いることにより、

クラックがなく、かつ平坦な研磨面を短時間で得ることができる。

上記のように、最初にやわらかい工具で破壊されやすいパターン部を除いておき、次に形状創成機能の高い高剛性かつ硬質な工具で平坦化加工することにより、実質的にダメージのない研磨面を得ることができる。これは、発明者らによる具体的な実験により、その効果が始めて見出されたものである。複数の研磨工程を経て最終加工面を得る手法は、例えば特開昭64-42823や特開平2-267950に開示されているように、従来から良く知られているが、これらはすべて、加工能率の高いものの加工ダメージの入り易い研磨工程を先に配置し、この工程で生じたダメージを後の平滑化工程で除去しようとするものである。このため、第一工程で用いる研磨パッドの硬度は第2工程で用いるパッドの硬度より高いものを用いていた。これに対し本発明では、最初に加工ダメージの原因となるものを除去しておこうとするものであり、技術的な本質はまったく異なるものである。

また、第10図(a)～(e)に1つのトランジスタと1つのキャパシタからなるメモリセルを本発明を用いて製造したときの工程の一例を示す。なお、第10図は第11図のA-A'断面を示したものである。ここで、110はソース領域、120はドレイン領域、111、121はそれぞれの領域への接続部、210はキャパシタ下部電極、230はキャパシタ上部電極、106はビット線、141はゲート電極を示す。

第10図(a)は、p型シリコン基板101上に選択酸化法を用いて、メモリセル間を電氣的に分離するために厚さ800nmのシリコン酸化膜からなる素子分離膜102およびスイッチング用MOSトランジスタのゲート絶縁膜となるシリコン酸化膜を形成した後の基板断面図である。その後、MOSトランジスタの閾値電圧制御のために、

ボロンをイオン打ち込みし、更に化学気相成長法（以下CVD法と略記）でゲート電極141となる多結晶シリコン膜を300nmの厚さ堆積する。次に第10図（b）に示すように、MOSトランジスタのゲート電極141およびゲート絶縁膜130を周知のホットエッチングにより形成する。多結晶シリコン膜には導電性を持たせるためリンを添加する。その後、砒素をイオン打ち込みしMOSトランジスタのソース領域110、ドレイン領域120を形成する。

次に第10図（c）に示したように基板表面に層間絶縁膜となるPSG（リンガラス）膜103をCVD法で500nmの厚さ堆積後、約200nmの平坦化研磨をおこなう。PSG膜103の研磨に用いた砥石の弾性率は50kg/mm<sup>2</sup>である。

その後、PSG膜に接続部111を設け、ビット線106を形成する（第11図）。

次に、第10図（d）に示したように層間絶縁膜となるPSG膜104をCVD法で500nmの厚さ堆積後、平坦化研磨を行い、更にホットエッチングにより開口して接続部121を形成する。このPSG膜104の表面は、弾性率が50kg/mm<sup>2</sup>の砥石を用いて平坦化する。なお、従来の軟質研磨パッドでPSG膜を研磨後、弾性率が50kg/mm<sup>2</sup>の砥石で研磨することにより、よりダメージのない研磨を行うことができる。

その後、キャパシタ下部電極210となる多結晶シリコン膜をCVD法により形成し、所望の形状に加工する。この多結晶シリコン膜にも導電性を持たせるためにリンを添加する。次に、その上にキャパシタ絶縁膜220およびキャパシタ電極230を形成する（第10図（e））。

上記方法によりメモリセルの表面を従来に比べより平坦にすること

ができ、微細で信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

次に、本発明を実施するに適した加工装置の構成を第9図を用いて説明する。基本的には2プラテン、2ヘッド構成の研磨装置であるが、プラテン上の研磨工具とそれらの運転方法に特徴がある。前記の弾性率の低い砥石が上面に接着されている砥石定盤51と、研磨パッドが上面に接着されている研磨定盤52は、それぞれ20rpm程度の一定速度で回転している。被加工ウェハ55はハンドリングロボット54によってローダカセット53から取り出され、直動キャリア56上のロードリング57上に載せられる。次に、上記直動キャリア57が図中左方向に移動し、ロード／アンロードポジションに位置決めされると、研磨アームA58が回転移動し、その先端に設けられているウェハ研磨ホルダ59の下面に上記被加工ウェハ55を真空吸着する。次に、研磨アームA58はウェハ研磨ホルダ59が研磨パッド定盤52の上に位置するように回転する。ウェハ研磨ホルダ59は下面に吸着している被加工ウェハ55を研磨パッド52上に押しつけながら回転し、研磨スラリ（図示せず）を供給しながら被加工ウェハ55を1分間ほど研磨する。この研磨加工により、前述したように加工ダメージの原因となる被加工ウェハ55表面上のサブミクロンオーダーの微細パターン部は消滅し、また大寸法パターンのコーナ部も丸められる。

上記第一の研磨工程が終わると、次に、ウェハ研磨ホルダ59が砥石定盤51の上に位置するように研磨アームA58が回転する。その後ウェハ研磨ホルダ59は下面に吸着している被加工ウェハ55を砥石定盤51上に押しつけながら回転し、上記と同様に研磨スラリ（図示せず）を供給しながら被加工ウェハ55を2分間ほどラッピングする。この第2研磨工程が終了すると、研磨アームA58は再びウェハ研磨ホルダ59が先の研磨定盤52の上に位置するように回転し、前



回と同様に被加工ウェハ 55 を 1 分間ほど研磨する。このラッピング加工後の研磨は、ラッピング工程で生じるわずかなスクラッチ等を除去するためのものであり、ラッピング加工条件または要求される表面粗さのレベルによっては、当然のことながら省略することができる。

上記 3 工程の研磨によって加工は終了し、次に洗浄工程に入る。研磨アーム A 58 が回転し、今度はウェハ研磨ホルダ 59 を回転ブラシ 60 が設けられている洗浄ポジション上に位置付ける。回転ブラシ 60 は回転しながらウェハ研磨ホルダ 59 下面に吸着されている被加工ウェハ 55 の加工面を水洗ブラシで洗浄する。洗浄が終了すると、直動キャリア 56 が再び上記洗浄ポジション上まで移動し、ウェハ研磨ホルダ 59 の真空吸着から開放された被加工ウェハを受け取る。

なお、ここでは回転ブラシを用いたが、その代りに超音波を与えたジェット水流による洗浄法を用いることもできる。

その後、直動キャリア 56 がロード／アンロードポジションまで戻ると、ウェハハンドリングロボット 54 が加工済みのウェハを掴み、これをアンロードカセット 61 に収納する。以上が研磨アーム A 58 の一周分動作である。同様に研磨アーム B 62 もこれと平行して動作する。当然のことながら、これは 2 つの研磨定盤を時分割して有効に利用するためである。研磨アーム B 62 の動作シーケンスは研磨アーム A 58 のシーケンスと全く同一であるが、半周期だけ位相が遅れたものとなっている。即ち、研磨アーム B 62 は上記第二の研磨工程の開始に合わせて動作を開始する。

上記実施例は研磨アームの数を 2 本とする場合に適した構成例であり、2 本の研磨アームの回転軌跡が交差または接する位置を設け、ここに一組の洗浄ブラシやロード／アンロードのための直動キャリアの停止位置を設けることにより、2 本の研磨アームでこれらの機能を兼

用することができる構成となっている。

これまでは2本の研磨アームを設ける実施例について説明してきたが、構成を簡略化するために当然のことながらこれを1本とすることもできる。逆に装置のスループットを向上させるため、研磨アームの数を3本以上にしたり、1本の研磨アームに複数のウェハ研磨ホルダを取り付ける構成としても良い。さらに上記実施例では、研磨パッド用と砥石用にそれぞれ独立した2つの回転定盤を設けてあるが、これを1つの回転定盤とすることも可能である。すなわち、回転定盤の周辺部にはリング状の砥石を設け、その中央部に研磨パッドを設けるのである。その他にも、装置のフットプリント（設置のための投影面積）を小さくするために回転定盤を傾けた設計とすることも可能である。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、半導体素子をはじめ液晶表示素子やマイクロマシン、磁気ディスク基板、光ディスク基板及びフレネルレンズ等の微細な表面構造を有する光学素子の製造に適用することができる。

## 請求の範囲

1. 凹凸パターンが形成されている基板の表面上に薄膜を形成するステップと、該基板の該薄膜が形成されている面を研磨工具表面上に押しつけて相対運動させながら該凹凸パターンを平坦化するステップとを含む研磨方法において、

上記研磨工具として、砥粒と結合樹脂とからなる砥石を用いることを特徴とする研磨方法。

2. 凹凸パターンが形成されている基板の表面上に薄膜を形成するステップと、該基板の該薄膜が形成されている面を研磨工具表面上に押しつけて相対運動させながら該凹凸パターンを平坦化するステップとを含む研磨方法において、

上記研磨工具として、砥粒とこれら砥粒を結合、保持するための物質から構成され、弾性率が5乃至500 kg/mm<sup>2</sup>の範囲の砥石を用いることを特徴とする研磨方法。

3. 上記研磨工具を構成する砥粒の結合、保持のための物質は、有機樹脂材料であることを特徴とする請求の範囲第2項記載の研磨方法。

4. 上記研磨工具を構成する砥粒が、二酸化珪素、酸化セリウム、酸化アルミナのいずれか、またはそれらの混合物であることを特徴とする請求の範囲第2項又は第3項に記載の研磨方法。

5. 上記研磨工具を構成する砥粒の平均粒径が1ミクロン以下の微細砥石であることを特徴とする請求の範囲第4項記載の研磨方法。

6. パターンが表面に形成されている被加工基板を研磨工具の表面上に押しつけて相対運動させながら少なくとも2種類以上の研磨工具を段階的に用いて加工する研磨方法において、

上記 2 種類の研磨工具のうち、最初に用いる第一の研磨工具の弾性率は第二の研磨工具の弾性率より小さいことを特徴とする研磨方法。

7. 上記第一の研磨工具として、樹脂製の研磨パッドを用いることを特徴とする請求の範囲第 6 項記載の研磨方法。

8. 上記第二の研磨工具として、砥粒とこれら砥粒を結合、保持するための物質から構成される研磨工具を用いることを特徴とする請求の範囲第 6 項記載の研磨方法。

9. 上記第二の研磨工具の弾性率は、5 乃至  $500 \text{ kg/mm}^2$  の範囲の値であることを特徴とする請求の範囲第 8 項記載の研磨方法。

10. 上記第二の研磨工具を構成する砥粒が、二酸化珪素、酸化セリウム、酸化アルミナのいずれか、またはそれらの混合物であることを特徴とする請求の範囲第 8 項記載の研磨方法。

11. 上記第二の研磨工具を構成する砥粒の平均粒径が 1 ミクロン以下であることを特徴とする請求の範囲第 8 項記載の研磨方法。

12. 半導体基板の表面に一对のソース領域とドレイン領域を形成するステップと、

該ソース領域とドレイン領域との間の該半導体基板上にゲート絶縁膜を形成するステップと、

該ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成するステップと、

該ゲート電極よりも厚い絶縁膜を、該ゲート電極を有する該半導体基板上に形成するステップと、

該絶縁膜の表面を、弾性率が 5 乃至  $500 \text{ kg/mm}^2$  の研磨工具で研磨して平坦化するステップと、

その後、該絶縁膜上部に、該ドレイン領域に接続された下部電極と該下部電極上に形成されたキャパシタ絶縁膜と該キャパシタ絶縁膜上に形成された上部電極とを備えたキャパシタを形成するステップとを

有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

13. 基板上に開口部を有する第1の絶縁膜を形成するステップと、  
該開口部内から第1の絶縁膜上に延伸して第1の配線層を形成する  
ステップと、

該配線層上に、該第1の配線層よりも厚い第2の絶縁膜を形成する  
ステップと、

該第2の絶縁膜を、弾性率が5乃至500 kg/mm<sup>2</sup>の研磨工具  
で研磨して平坦化するステップと、

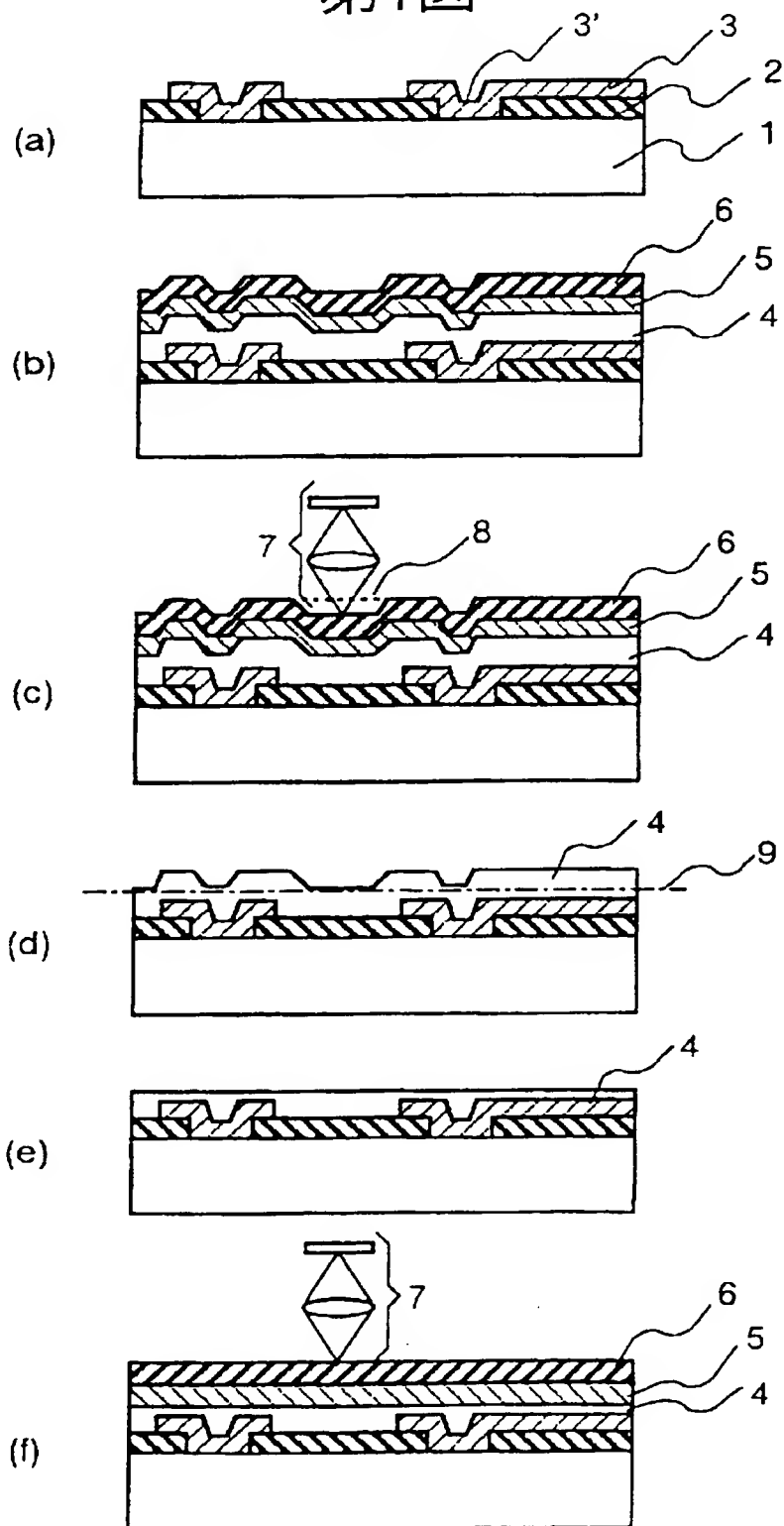
平坦化された該第2の絶縁層層上に第2の配線層を形成するステッ  
プとを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

14. それぞれ異なる2種類の研磨工具が表面に設けられている2  
つの回転定盤と、被加工物を保持して上記回転定盤の上に押しつけな  
がら回転する少くとも1つ以上の回転保持具と、該回転保持具を上記  
いずれの回転定盤の上にも位置付け可能に機能する保持具移動機構、  
とから構成されたことを特徴とする研磨装置。

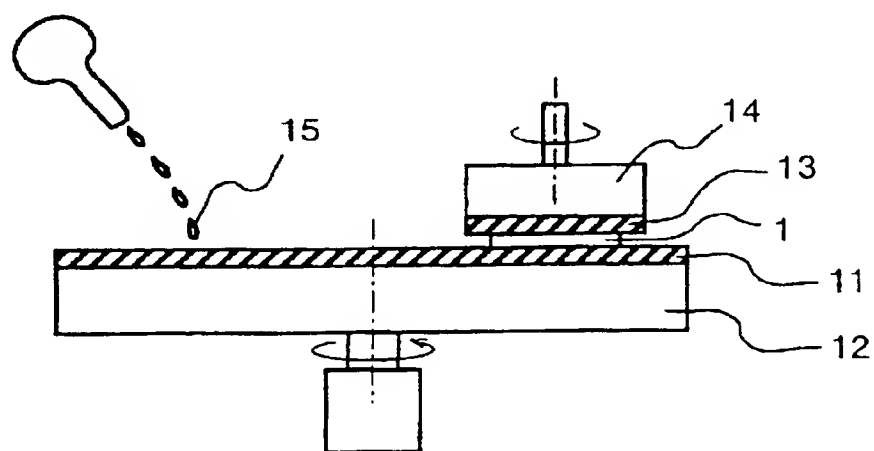
15. 上記保持具移動機構は先端に上記回転保持具を設けた回転ア  
ーム型であり、その回転によって生じる該回転保持具の軌跡上に被加  
工物を該回転保持具から脱着するための試料交換機構および洗浄機構  
を設けたことを特徴とする第14項記載の研磨装置。

16. 複数の回転アーム型保持具移動機構を備え、それらの回転に  
よって生じる複数の回転保持具の軌跡が一つの交差点または接点を有  
するように該回転アーム型保持具移動機構群を配置し、上記一つの交  
差点または接点上に被加工物をそれぞれの回転保持具から脱着するた  
めの試料交換機構および洗浄機構を設けたことを特徴とする第14項  
記載の研磨装置。

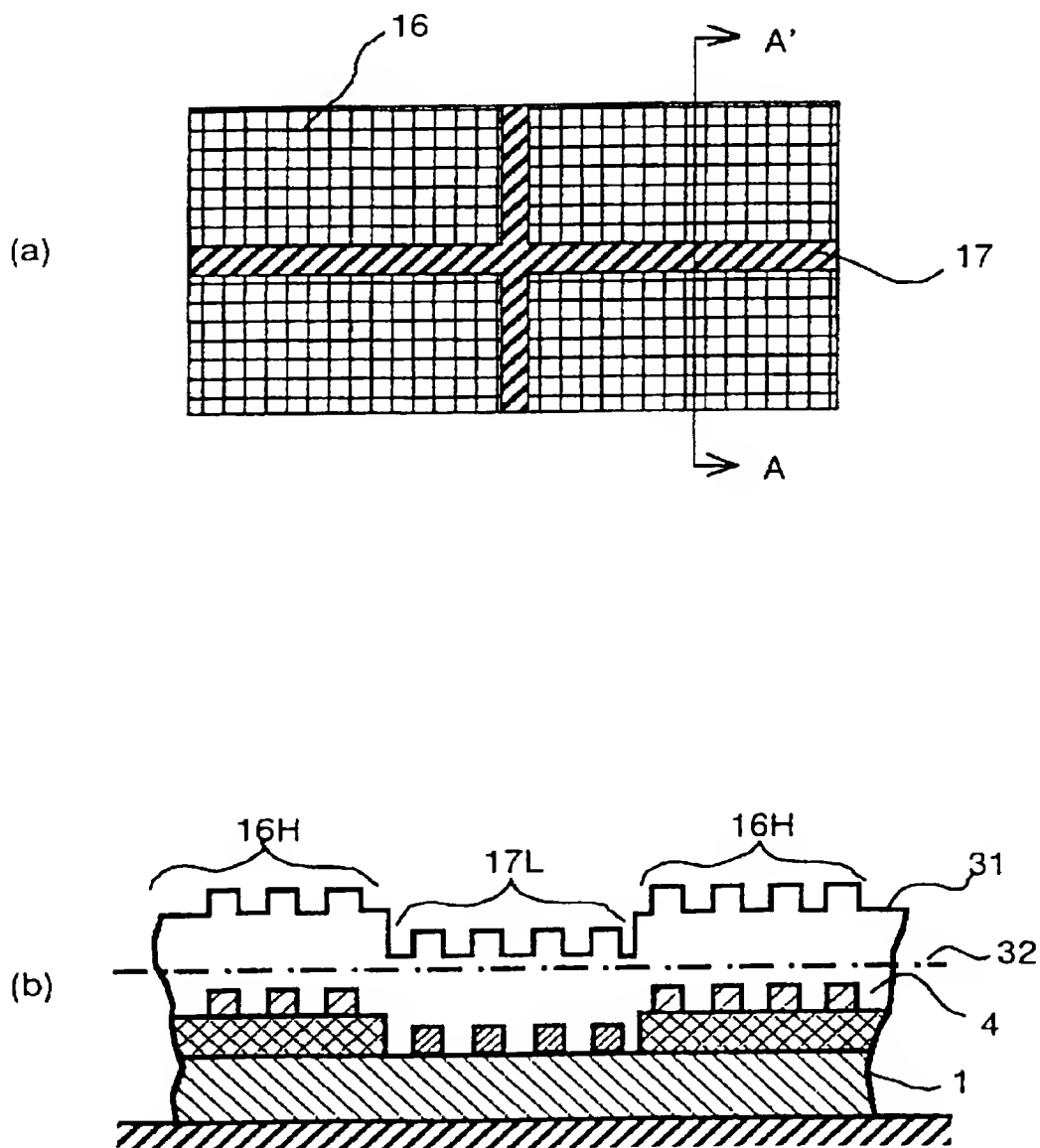
第1図



# 第2図

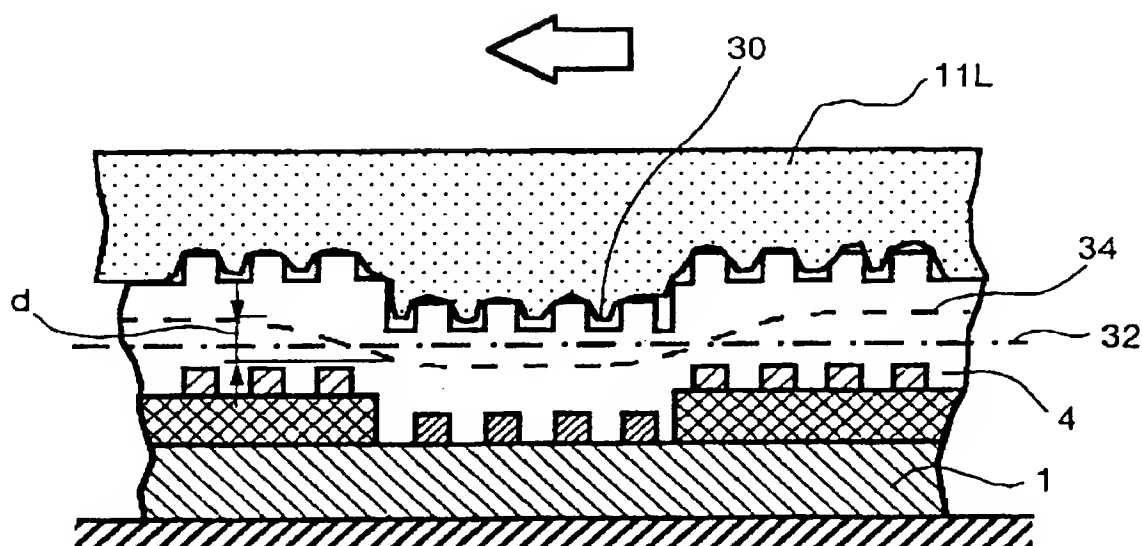


# 第3図

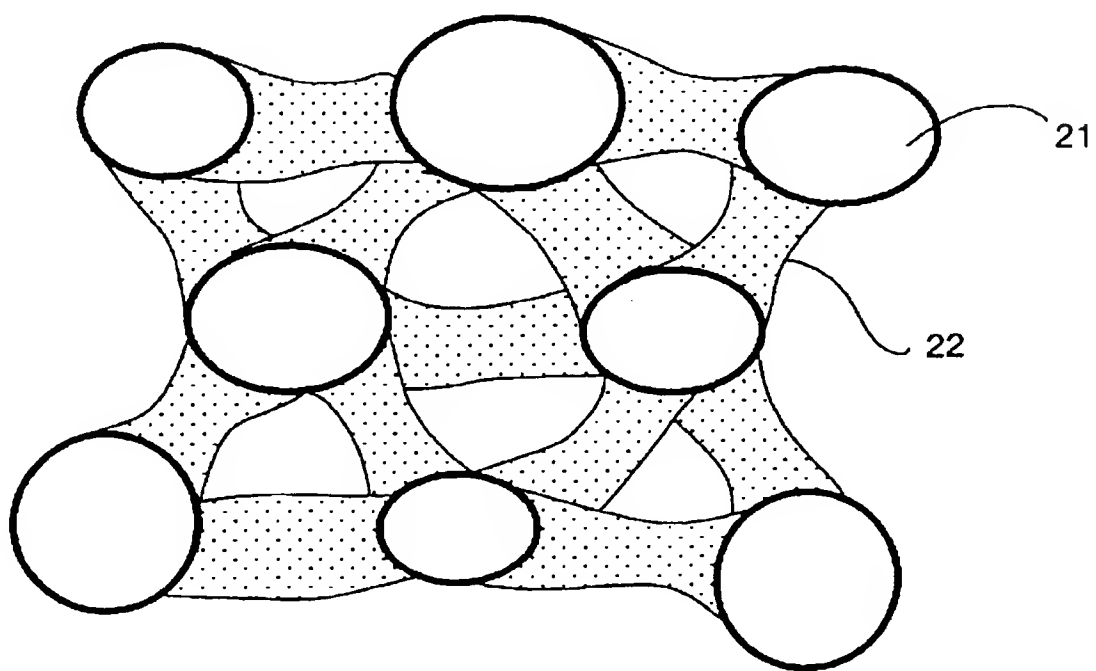




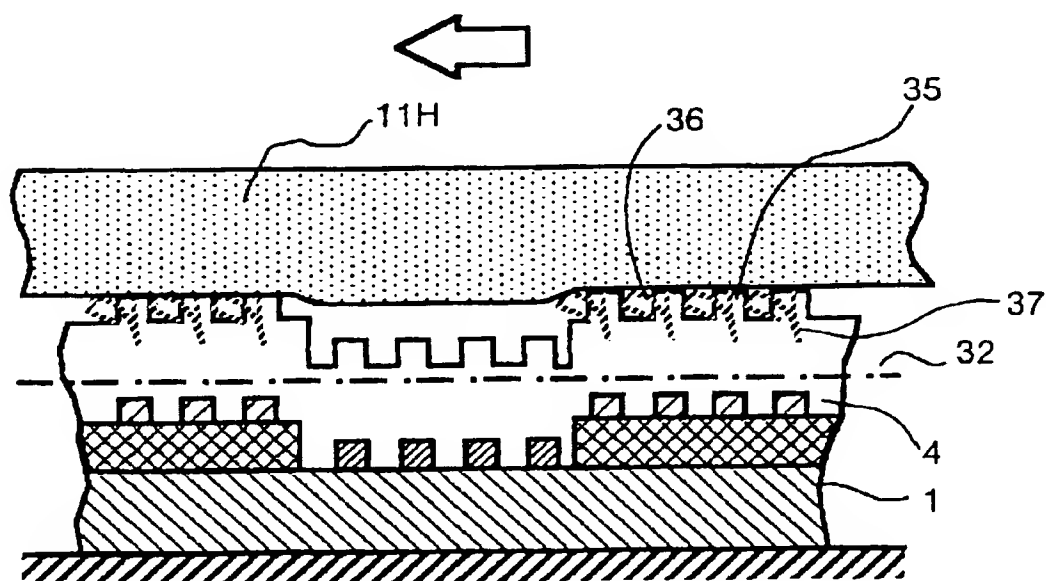
# 第4図



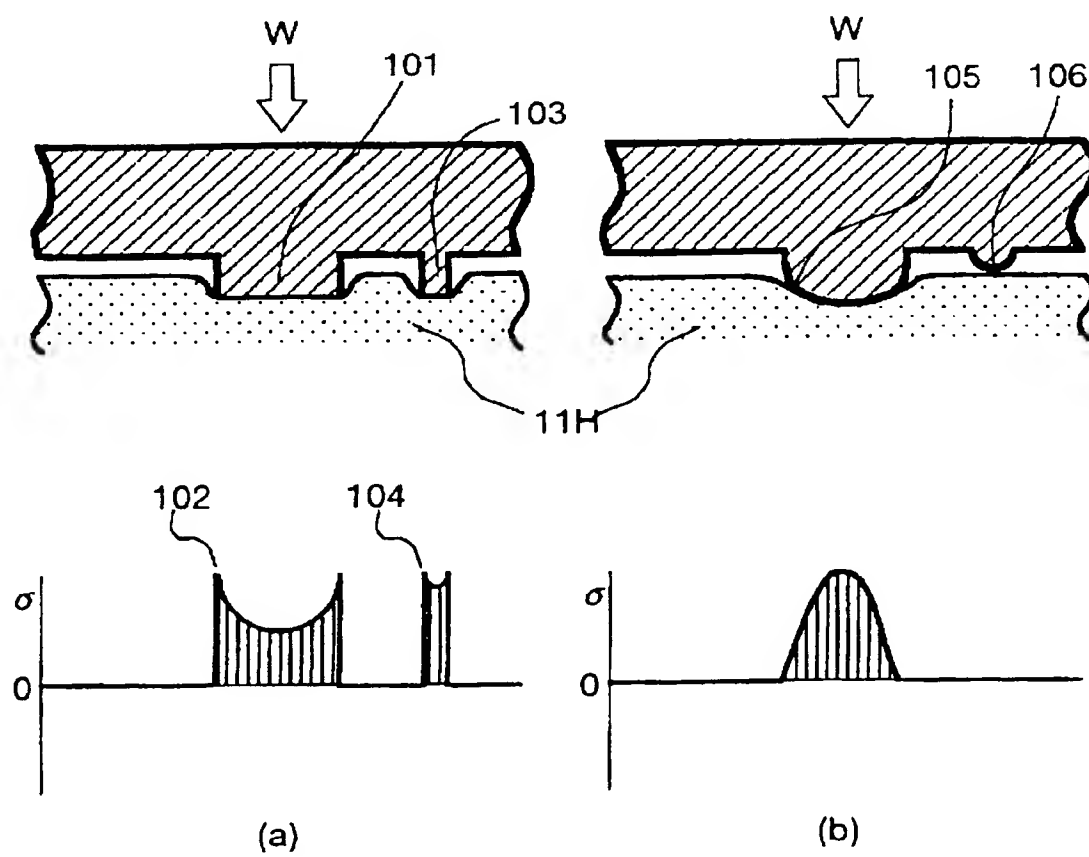
第5図



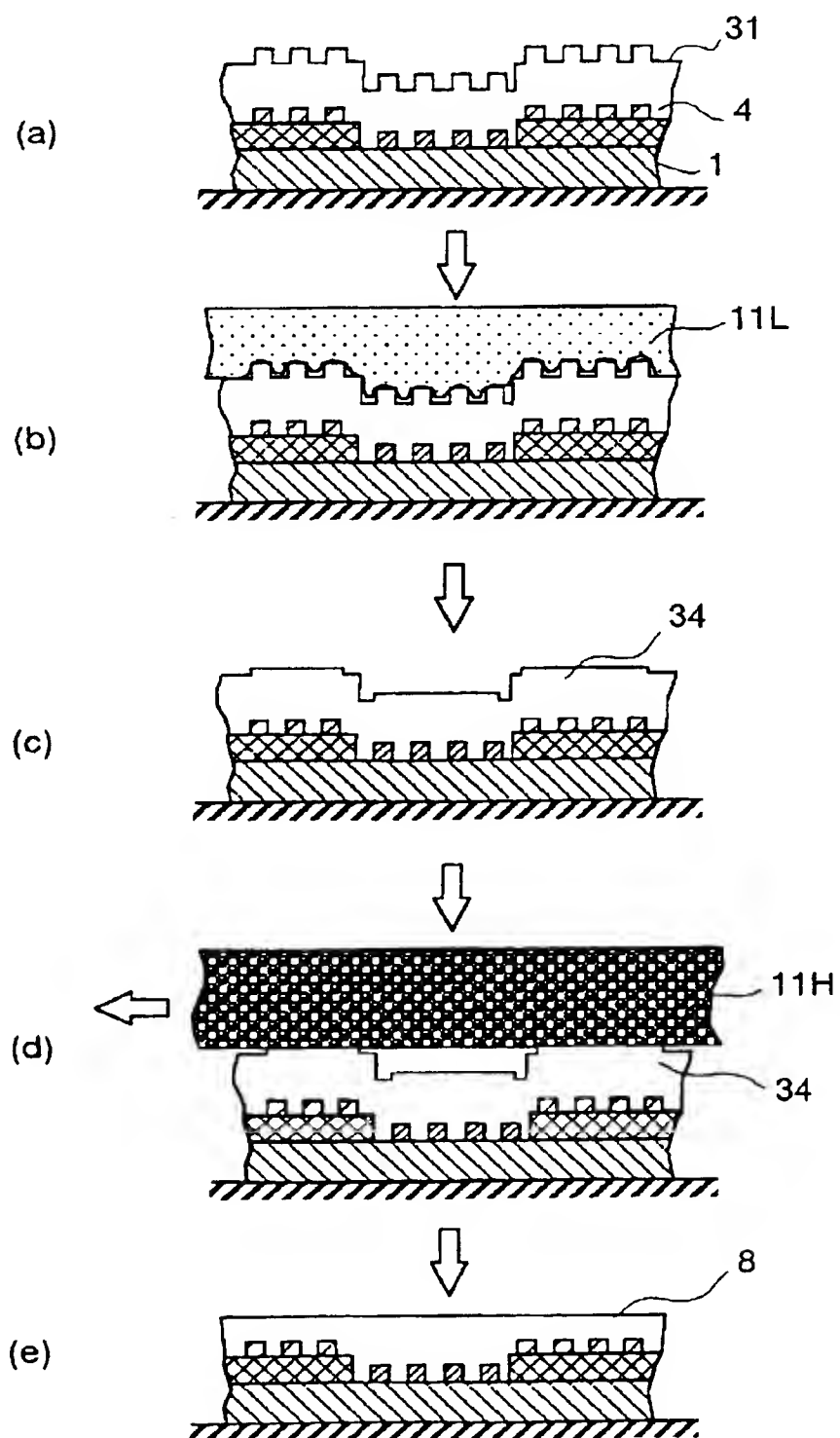
第6図



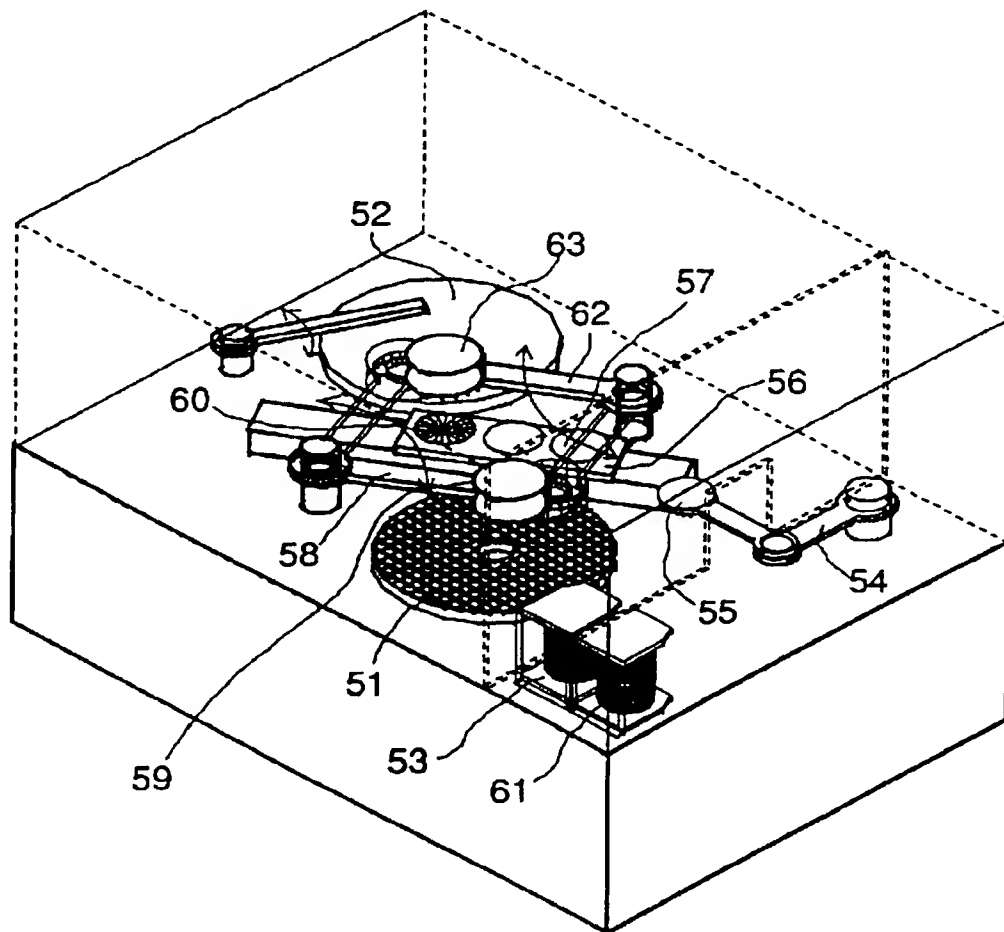
# 第7図



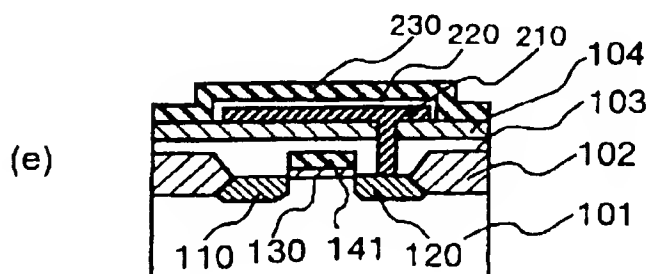
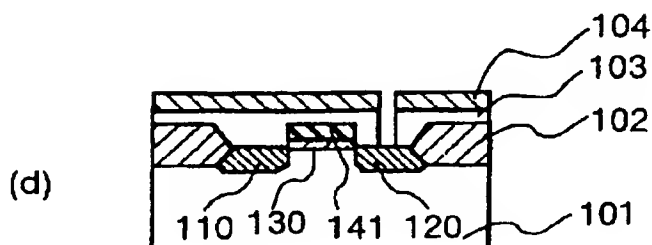
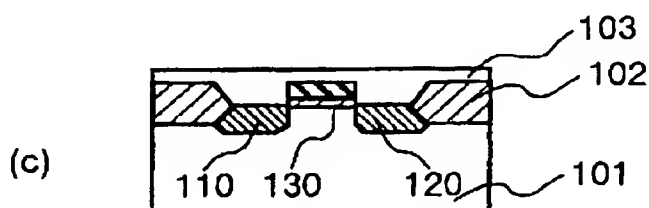
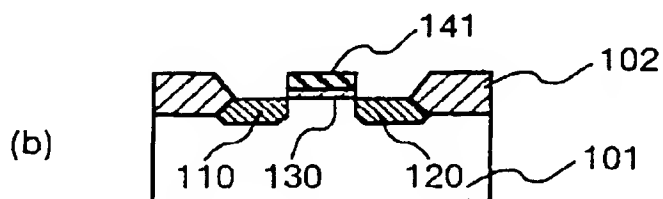
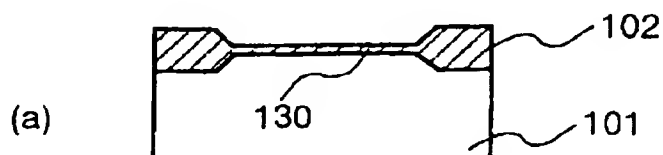
## 第8図



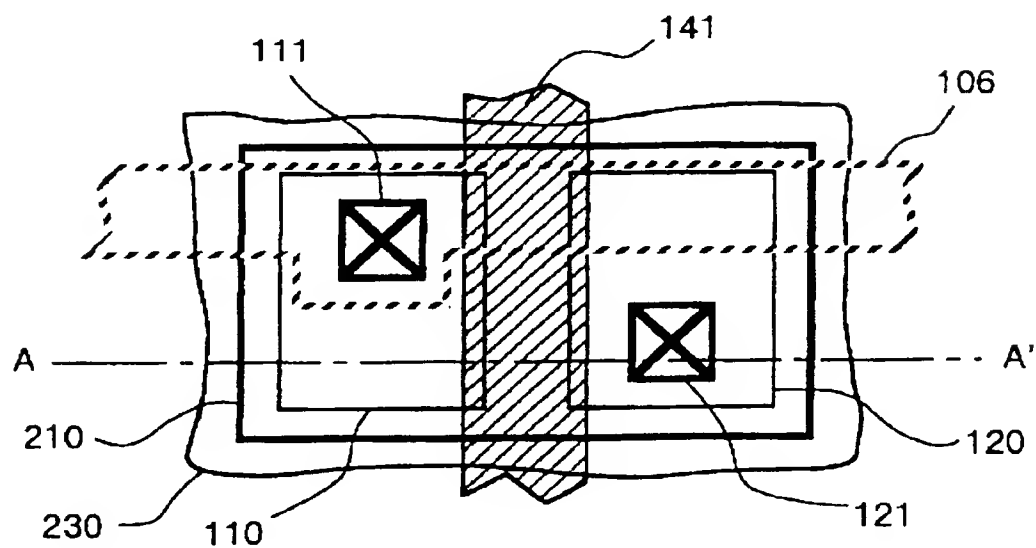
第9図



# 第10図



# 第11図





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/01814

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/304, B24D3/00, B24D7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> H01L21/304, B24D3/00, B24D7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1964 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1993

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | JP, 63-150162, A (Kanebo, Ltd.),<br>June 22, 1988 (22. 06. 88),<br>Claim 1, lower right column, page 2<br>(Family: none) | 1 - 4                 |
| A         | JP, 5-285847, A (Nippon Steel Corp.),<br>November 2, 1993 (02. 11. 93),<br>Claim 1 (Family: none)                        | 1, 4, 5               |
| A         | JP, 63-174855, A (NEC Corp.),<br>July 19, 1988 (19. 07. 88),<br>Claim 1 (Family: none)                                   | 6                     |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

November 27, 1995 (27. 11. 95)

Date of mailing of the international search report

December 12, 1995 (12. 12. 95)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>6</sup> H01L21/304, B24D3/00, B24D7/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>6</sup> H01L21/304, B24D3/00, B24D7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1964-1995年  
日本国公開実用新案公報 1971-1993年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A               | JP, 63-150162, A (鐘紡株式会社),<br>22. 6月, 1988 (22. 06. 88),<br>クレーム 1, 第 2 頁右下欄 (ファミリーなし) | 1-4              |
| A               | JP, 5-285847, A (新日本製鉄株式会社),<br>2. 11月, 1993 (02. 11. 93),<br>クレーム 1 (ファミリーなし)         | 1, 4, 5          |
| A               | JP, 63-174855, A (日本電気株式会社),   | 6                |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の「以上」の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 11. 95

国際調査報告の発送日

12.12.95

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

國 島 明 弘

4 M 8 9 3 2

電話番号 03-3581-1101 内線

3461

C (続き) 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                      | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
|                 | <p>19. 7月. 1988 (19. 07. 88),<br/>クレーム 1 (ファミリーなし)</p> |                  |